

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-095040

(43)Date of publication of application : 29.03.2002

(51)Int.Cl. H04Q 7/36

(21)Application number : 2001-231068

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 31.07.2001

(72)Inventor : CHEKURI CHANDRA S  
DRABECK LAWRENCE M  
ZHANG YIHAO LISA

(30)Priority

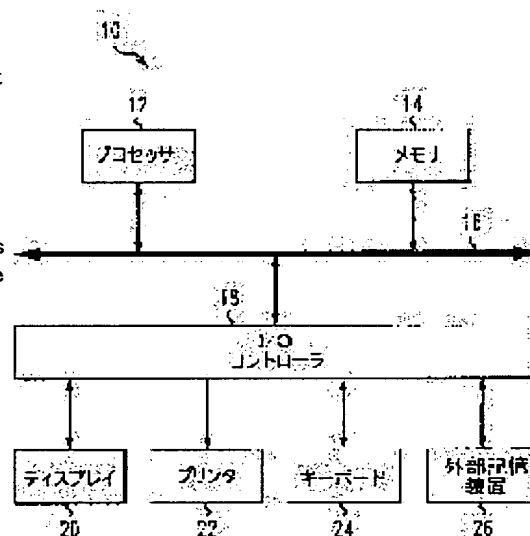
Priority number : 2000 628378 Priority date : 31.07.2000 Priority country : US

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR DESIGN, ADJUSTMENT OR OPERATION OF WIRELESS NETWORK BY USING PRE-FREQUENCY- ASSIGNMENT OPTIMIZATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a technique to be used when designing, adjusting or operating a wireless network, so as to provide a desired level of performance for the network.

SOLUTION: An optimization process is applied to an information set characterizing a network. This optimization process contains an optimization stage before at least one, pre-frequency-assignment optimization stage, and this is applied prior to a frequency is allocated to one or a plurality of communication channels of a radio network. By the use of the output of the optimization process, one or plurality of operation parameters of the wireless network, such as transmission power of a base station, direction of an antenna, or the like are determined.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-95040

(P2002-95040A)

(43) 公開日 平成14年3月29日 (2002.3.29)

(51) IntCl.<sup>7</sup>

H 0 4 Q 7/36

識別記号

F I

H 0 4 B 7/26

特マコード\*(参考)

1 0 5 D 5 K 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-231068(P2001-231068)

(22) 出願日 平成13年7月31日(2001.7.31)

(31) 優先権主張番号 09/628378

(32) 優先日 平成12年7月31日(2000.7.31)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 596092698

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レーテッド

アメリカ合衆国, 07974-0636 ニュージ  
ャーシイ, マレイ ヒル, マウンテン ア  
ヴェニュー 600

(72) 発明者 チャンドラ エス. チェクリ

アメリカ合衆国 07928 ニュージャーク  
イ, チャットハム, メイン ストリート  
575 アパートメント 10シー

(74) 代理人 100064447

弁理士 岡部 正夫 (外11名)

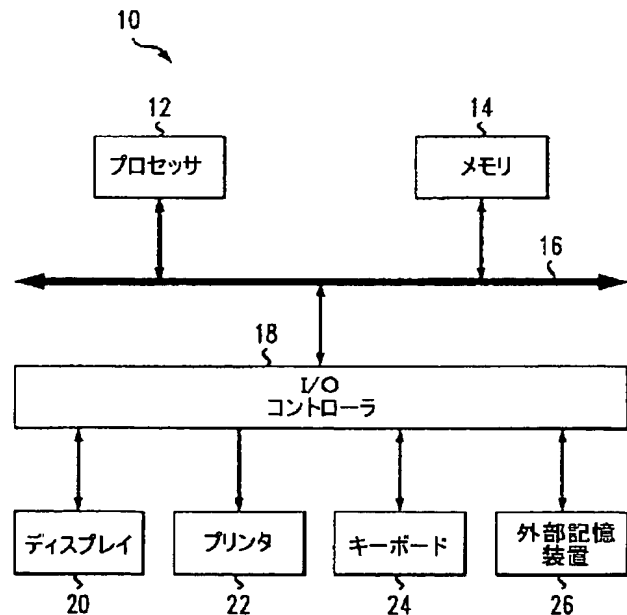
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 周波数割り当て最適化を用いた無線ネットワークの設計、調整、または動作のための方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 ネットワークに所望レベルの性能を提供するように、無線ネットワークを設計、調整、または動作する際に用いるための技術。

【解決手段】 最適化プロセスをネットワークを特徴付ける情報セットに適用する。本最適化プロセスは、少なくとも1つの周波数割り当て最適化段階を含み、これは、周波数を無線ネットワークの1つまたは複数の通信チャンネルに割り当てる前に適用される。最適化プロセスの出力を用いて、基地局の伝送パワーやアンテナの向き等、無線ネットワークの1つまたは複数の動作パラメータを決定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所望レベルの性能を無線ネットワークに提供するプロセッサ実施方法であって、

最適化プロセスをネットワークを特徴付ける情報セットに適用するステップであって、該最適化プロセスは少なくとも 1 つの周波数割り当て前最適化段階を含み、該周波数割り当て前最適化段階は、前記無線ネットワークの 1 つまたは複数の通信チャンネルに周波数を割り当てる前に適用される、ステップと、

前記最適化プロセスの出力を利用して、前記無線ネットワークの少なくとも 1 つの動作パラメータを決定するステップと、を含む、方法。

【請求項 2】 前記最適化プロセスは、少なくとも前記周波数割り当て前最適化段階の後に周波数割り当て段階を有する複数段階最適化プロセスをさらに含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 前記周波数割り当て前最適化段階および前記周波数割り当て段階は、反復して繰り返される、請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】 前記周波数割り当て段階は周波数プランニング段階を含む、請求項 2 記載の方法。

【請求項 5】 前記無線ネットワークは、1 よりも大きな周波数再利用係数を実施する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】 前記無線ネットワークは、TDMA 無線ネットワーク、FDMA 無線ネットワーク、CDMA 無線ネットワーク、OFDM 無線ネットワーク、および TDD 無線ネットワークのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】 前記最適化プロセスは、特定の目的関数の微分ベースの最適化を利用する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 8】 前記無線ネットワークの前記動作パラメータは、基地局の伝送パワーおよびアンテナの向きの少なくとも一方を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】 前記最適化プロセスは、特定の値のネットワーク容量およびネットワークカバレッジについてネットワーク構成を決定する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】 前記最適化プロセスは、容量対カバレッジのトレードオフ曲線の形態の図的表示を生成する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】 前記最適化プロセスは、閾値よりも大きな搬送波対干渉比の割合対カバレッジのトレードオフ曲線の形態の図的表示を生成する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】 前記最適化プロセスは、複数の周波数プランそれぞれについての 1 つまたは複数のトレードオフ曲線を含むトレードオフ曲線が集まったの形態の図的表示を生成する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 13】 前記最適化プロセスは、対応する同一チャンネルおよび隣接チャンネルの干渉を計算するため、特

定の周波数パターンを仮定する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 14】 前記最適化プロセスは、対応する同一チャンネルおよび隣接チャンネルの干渉を計算するため、同一チャンネルおよび隣接チャンネルである見込みがある特定の確率を仮定する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 15】 前記最適化プロセスは、2 つ以上の周波数を有する複数のセクタそれぞれについて、そのセクタ内の所与の位置でのあらゆる周波数の搬送波対干渉比は同じであると仮定する、請求項 1 記載の方法。

10 【請求項 16】 前記無線システムのセルセクタ当たりの周波数の数は、前記最適化プロセスを適用する前にわかっており、前記プロセスは、少なくとも 1 つの前記セクタが他のセクタとは異なる同一チャンネル干渉を引き起こす確率を有するものと仮定する、請求項 1 記載の方法。

20 【請求項 17】 前記無線システムのセルセクタ当たりの周波数の数は、前記最適化プロセスを適用する前にはわからず、すべてのセルは同数の周波数を有するものと仮定し、前記プロセスは、少なくとも 1 つの前記セクタが他のセクタとは異なる同一チャンネル干渉を引き起こす確率を有するものと仮定する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 18】 前記最適化プロセスは、前記システムの複数のセクタそれぞれの干渉を特定の必要なセクタに関して確率で重み付けし、該重み付けした干渉を合計する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 19】 前記最適化プロセスは、特定のシステムセクタが同一チャンネル干渉または隣接チャンネル干渉を引き起こす確率を調整し、干渉のレベルを正規化する、請求項 1 記載の方法。

30 【請求項 20】 干渉を計算すべき移動局がある所与の必要なセクタに関し、同一チャンネルセクタになる確率が 0 である 1 つまたは複数の除外セクタは、前記ネットワークのセル内で前記必要なセクタと同じ場所にある 1 つまたは複数のセクタと、1 つまたは複数の最初に隣接するセクタと、を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 21】 前記最適化プロセスは、前記ネットワークの対応するセクタの異なる周波数の搬送波対干渉比セットの平均として、前記ネットワーク内の所与の位置での搬送波対干渉比を定義する、請求項 1 記載の方法。

40 【請求項 22】 前記最適化プロセスは、前記ネットワークの対応するセクタの異なる周波数の搬送波対干渉比セットの最大として、前記ネットワーク内の所与の位置での搬送波対干渉比を定義する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 23】 無線ネットワークに所望レベルの性能を提供する際に使用する装置であって、

最適化プロセスをネットワークを特徴付ける情報セットに適用するプロセッサベースのシステムを備え、該最適化プロセスは少なくとも 1 つの周波数割り当て前最適化段階を含み、該周波数割り当て前最適化段階は、前記無線ネットワークの 1 つまたは複数の通信チャンネルに周波

数を割り当てる前に適用され、前記最適化段階の出力を利用して、前記無線ネットワークの少なくとも1つの動作パラメータを決定する、装置。

【請求項24】 無線ネットワークに所望レベルの性能を提供する際に使用する装置であって、最適化プロセスをネットワークを特徴付ける情報セットに適用する手段であって、該最適化プロセスは少なくとも1つの周波数割り当て前最適化段階を含み、該周波数割り当て前最適化段階は、前記無線ネットワークの1つまたは複数の通信チャンネルに周波数を割り当てる前に適用される、手段と、

前記最適化段階の出力を利用して、前記無線ネットワークの少なくとも1つの動作パラメータを決定する手段と、を備える、装置。

【請求項25】 無線ネットワークに所望レベルの性能を提供する際に使用する1つまたは複数のソフトウェアプログラムを格納するための機械読み取り可能媒体を備える製品であって、前記1つまたは複数のソフトウェアプログラムは、プロセッサベースのシステムにより実行されると、

最適化プロセスをネットワークを特徴付ける情報セットに適用するステップであって、該最適化プロセスは少なくとも1つの周波数割り当て前最適化段階を含み、該周波数割り当て前最適化段階は、前記無線ネットワークの1つまたは複数の通信チャンネルに周波数を割り当てる前に適用される、ステップと、

前記最適化プロセスの出力を利用して、前記無線ネットワークの少なくとも1つの動作パラメータを決定するステップと、を実行する、製品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発明者C. S. Chekuri他の名において本明細書と同時に出願された「Methods and Apparatus for Design, Adjustment or Operation of Wireless Networks Using Multi-Stage Optimization」という名称の米国特許出願（代理人整理番号Chekuri 3-5-13-12-5）に記載されていることに関連する。本発明は、概して無線通信ネットワークに関し、特にかかると無線ネットワークの設計、実施、および動作に使用する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】通常の無線ネットワークは、地理的に明確に画定されたカバレレッジエリアにわたって分布する可変数の固定ユーザまたは移動体ユーザに無線トラヒックを提供する相互接続された複数の基地局を含む。無線インタフェースは、通常、ネットワーク多元接続に対する需要、制御不可能な信号伝搬、および限られた帯域幅を含む状態で動作しなければならない。ネットワーク多元接続に対する需要とは、サービス要求の場所および時間を事前に知ることができないことを意味する。したが

って、ネットワークは、十分な容量をもって要求されるレベルのサービスを広い地理的エリアにわたって提供する必要がある。上述した制御不可能な信号伝搬状態とは、基地局とユーザの間の無線リンクが通常、クラッタ、地勢、および他の種類の障害物での高い伝搬損失や、反射作用、回折作用、または錯乱作用が随伴する環境での信号伝搬に依拠することを示す。

【0003】これら状態の組み合わせにより、設計目標が競合する結果になることが多い。たとえば、限られた帯域幅内で容量を大きくするには、一般的に、高いスペクトル効率で動作する必要がある。これは、通信チャンネル間の直交性の低減につながり、その結果、その環境での伝搬経路の重複により相互干渉が生じることになる。この干渉はネットワークのカバレレッジエリアを低減させる、すなわちサービスの品質を低下させる。したがって、カバレレッジエリアを広くする、またはサービスの品質を高くすることについての要件は、常にネットワークの容量を大きくする需要と競合する。

【0004】時分割多元接続（TDMA）方式または周波数分割多元接続（FDMA）方式では、周波数再利用係数を低減することで、スペクトル効率を増大させることができる。またこれにより、同一周波数で動作しているセル間の平均物理的距離が短くなるため、そういったセル間の相互干渉が増大する。符号分割多元接続（CDMA）方式では、各種通信チャンネルを符号で区別する。環境における伝搬作用により、符号間の直交性がウォッシュアウトし、通信チャンネル間の干渉がトラヒック負荷に伴い増大する可能性がある。

【0005】スペクトル効率の他に、ネットワークが処理できるトラヒック量は、容量の空間分布と提供されるトラヒック負荷の空間分布がどの程度良好に一致するかによりかなり左右される。これは、ネットワーク内のセルの割り当ておよびサイジングにさらなる制約を課するのだが、勿論、局所伝搬環境によってかなり左右される。

【0006】ネットワークの性能に影響を及ぼしうる他の制約としては、たとえば、トラヒックパターンの時間依存性変数、ハードウェア制限、熱雑音のような外部干渉作用、および構造物透過要求のような形態学的問題が含まれる。

【0007】ネットワークの設計または調整時に、他の複数のシステムパラメータも考慮する必要がある。こういったパラメータとしては、たとえば、基地局の場所、基地局当たりのセクタ数、標高、向き、傾き、アンテナの利得、およびアンテナパターンのようなアンテナパラメータ、通信チャンネルおよび基地局当たりの伝送パワーレベル、周波数プラン、ハンドオフ閾値、および基地局またはセクタ当たりの搬送波数が含まれる。

【0008】不動産の可用性、アンテナ用の高い構造物等の局所形態学的環境によって予め決定しうる基地局の

場所またはアンテナの標高等、これらパラメータのうちのいくつかに関連する根本的な制約がある。さらに、アンテナの傾きまたはアンテナの向き等特定のパラメータは、設計段階では容易に調整することができるが、これらを後に変更する必要がある場合には費用および時間集約的に必要である。周波数プラン、パワーレベル、およびハンドオフ閾値等の他のパラメータは、ネットワークがサービス中であっても容易に変更または調整することが可能である。

【0009】無線環境の複雑性、大容量および高いリンク性能要件等競合する設計目標、および複数のシステムパラメータにより、ネットワークの設計および調整は困難なタスクである。

【0010】ネットワーク設計の現行手順には、統計学的または他の数学的伝搬モデルを用いて、所与のネットワークパラメータに基づきネットワーク性能をモデリングする設計ツールが含まれる。このような設計ツールの一例は、Mobile Systems International (<http://www.mrdesign.com/msi>)からのPlanetツールである。これらおよび他の従来のネットワーク設計ツールは、特定のネットワーク性能属性について重要な特定の無線周波数(RF)リンクメトリクス、たとえば信号強度または信号対干渉比を計算する。これら予測の正確性は、伝搬モデルの正確性および地勢、クラッタ等の環境的要素モデリングの精度に大方依存する。

【0011】これら従来のツールは、ネットワーク性能の予測に際し十分に高い精度をもたらすことができるが、一般的に、ネットワーク全体の性能を分類しないため、ネットワークが最適状態からどの程度離れて駆動されているかについての情報を提供しない。ネットワークにおける相互作用の複雑性により、試行錯誤手順によりネットワーク性能の調整を行う必要があるとともに、異なるネットワーク構成についてのRFリンクメトリクスプロットを比較することで、改善可能性を識別する必要がある。調整する必要があるネットワークパラメータの数および異なる設計目標に伴い、この手順は非常に不満足なものであり、最適な性能に近づくことさえ難しい。

【0012】他の従来のネットワーク設計ツールは、周波数プランニングアルゴリズムを含むか、そうでなければ利用する。一例は、Aircom International ([www.aircom.co.uk](http://www.aircom.co.uk))からの、周波数プランニングアルゴリズムを組み込んだAssetネットワーク設計ツールである。TDMAおよびFDMAネットワークの場合、すなわち周波数再利用係数が1よりも大きなネットワークの場合、周波数プランに関してネットワーク性能を改善する周波数プランニングアルゴリズムの生成に、多大な努力がなされてきた。これらアルゴリズムは通常、スペクトル効率の改善を目指す目的を有する。このようなアルゴリズムは、たとえば、所与のトラヒック密度にサービスを提供してい

る間に使用する周波数の量を最小化するよう試みる。しかし、これらアルゴリズムは一般に、上述したPlanetツール等のネットワーク設計ツールにリンクされていない限り、各周波数プランのネットワーク性能についての情報を提供しない。

【0013】TDMAまたはFDMA無線ネットワークについてのネットワーク設計は、通常、上述したPlanetまたはAssetツール等のネットワーク設計ツールを用いて、まず特定のキャパシティ基準を満たすようネットワークを設計することでなされる。次に、周波数プランニングアルゴリズムを利用して周波数プランを生成し、干渉を最小化することができる。周波数プランをネットワーク設計に適用すると、ネットワーク設計ツールでネットワークの干渉を決定することが可能である。必要であれば、システム設計者がネットワークにさらなる変更を行い、ネットワーク設計ツールでそれを評価することができる。

【0014】上述した従来技術の多くは、ネットワークの設計および調整を補助することができるが、一般的に、異なる相互に競合する設計目標についてネットワーク全体の性能を最適化することができない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】したがって、特にTDMAおよびFDMA無線ネットワーク、ならびに周波数再利用を実施する他の種類の無線ネットワークの場合に、無線ネットワークを特徴付け、調整し、最適化するプロセスをさらに改良する必要がある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、無線ネットワークを設計、調整、および/または動作するための改良した技術を提供し、特にTDMAおよびFDMA無線ネットワーク、ならびに周波数再利用を実施する他の種類の無線ネットワークとの使用に特に良く適している。

【0017】本発明者らは、上述した従来技術がいくつかの重大な問題を提示することを認識していた。たとえば、これら技術は一般に、周波数を通信システムのチャネルに割り当てる前に、有効かつ効率的に実施することのできるネットワーク設計最適化プロセスを提供しない。

【0018】本発明の一態様によれば、最適化プロセスが無線ネットワークを特徴付ける情報セットに適用される。最適化プロセスは、少なくとも1つの周波数割り当て前最適化段階を含み、これは、無線ネットワークの1つまたは複数の通信チャネルに周波数を割り当てる前に適用される。周波数割り当て前最適化段階は、指定した目的関数の微分ベースの最適化を利用するよう構成することができ、また、指定した値のネットワーク容量およびネットワークキャパシティについて特定のネットワーク構成を決定しうる。最適化プロセスの出力を利用して、基地局の伝送パワーまたはアンテナの向きなど、無線ネ

ットワークの1つまたは複数のパラメータを決定する。有利なことに、本発明は、無線ネットワークを設計、調整、または動作するプロセスを実質的に改良し、所望レベルの性能を達成する。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】本発明は、すべて発明者K. L. Clarkson他の名において1999年11月4日付けで出願された以下の米国特許出願：「Methods and Apparatus for Derivative-Based Optimization of Wireless Network Performance」という名称の第09/434, 578号、「Methods and Apparatus for Characterization, Adjustment and Optimization of Wireless Networks」という名称の第09/434, 579号、「Road-Based Evaluation and Interpolation of Wireless Network Parameters」という名称の第09/434, 580号に記載のネットワーク情報処理技術を利用して構成することができる。これら出願は、本出願の譲渡人に譲渡され、本明細書に参照として組み込まれる。

【0020】本発明について、コンピュータベースの処理システムにおいて実施される例示的な無線ネットワーク情報処理技術とともに以下説明する。しかし、本発明は任意特定種類の処理システムとの使用に制限されないことを理解されたい。開示される技術は、広範な他のシステムとの使用および複数の代替の適用に適している。さらに、開示する技術は、TDMAネットワークおよびFDMAネットワークの双方、ならびに周波数再利用係数が1よりも大きなCDMAまたは直交周波数分割多重（OFDM）無線ネットワーク、時分割二重（TDD）無線ネットワーク等の周波数再利用を実施する他の種類のネットワークを含む多くの異なる種類の無線ネットワークに適用可能である。本発明は、任意特定の無線ネットワーク構成を必要とせず、移動体加入者ユニット、固定加入者ユニット、または移動体ユニットおよび固定ユニットの組み合わせを備える無線ネットワークに適用する。本明細書で用いる「無線ネットワーク」という語は、これらおよび他の種類のネットワーク、ならびにサブネットワークまたはかかるネットワークの他の部分、および複数のネットワークの組み合わせを含む。本明細書で用いる「最適化（optimize, optimizing, optimization）」は、任意の種類の改良または他のネットワーク性能における調整、たとえば所与の適用に許容できると考えられる性能を提供する改良を含むものと理解すべきである。したがって、本明細書で使用するこれらの語は、実際に最小または最大の特定性能機能等、任意の種類の真に最適な状態、または最適化を要するものではない。

【0021】本発明は、性能を最適化するよう無線ネットワークを設計、調整、および/または動作するために、プロセッサにより実施される方法および装置に向けられており、TDMAネットワークおよびFDMAネッ

トワークまたは周波数再利用を実施する他の種類の無線ネットワークとの使用に特に良く適している。本発明は、少なくとも部分的に、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、マイクロコンピュータ、メインフレームコンピュータ、または他の種類のプログラマブルデジタルプロセッサで実行される1つまたは複数のソフトウェアプログラムで実施することができる。本明細書に記載する例示的な実施形態での本発明は、無線ネットワークの設計、調整、または動作とともに用いる汎用最適化プロセスを提供する。

【0022】図1は、本発明による最適化プロセスを実施する例示的な処理システム10を示す。処理システム10は、バス16を介して通信のために接続されたプロセッサ12およびメモリ14を含む。システム10は、プロセッサ12およびメモリ14と通信するためにバス16に接続された入出力（I/O）コントローラ18をさらに含む。I/Oコントローラ18はプロセッサ12とともに、ディスプレイ20、プリンタ22、キーボード24、および外部記憶装置26を含む複数の周辺機器に動作を指示する。

【0023】1つまたは複数のシステム10の要素は、デスクトップまたはポータブルパーソナルコンピュータ、ワークステーション、マイクロコンピュータ、メインフレームコンピュータ、または他の種類のプロセッサベースの情報処理装置の一部を表すことができる。メモリ14および外部記憶装置26は、電子、磁気、または光学式の記憶装置でありうる。外部記憶装置26は、より詳細に後述する1つまたは複数のトレードオフ曲線のセット等のグラフィカルディスプレイの生成に利用される無線ネットワークオペレーティングパラメータ等の無線ネットワーク情報のデータベースを含みうる。外部記憶装置26は、単一の装置であっても、たとえば複数のコンピュータまたは同様の装置に、分散されてもよい。本明細書で用いる「データベース」という語は、ネットワークの設計、調整、および/または動作に使用する最適化プロセスとともに使用しうる格納データのあらゆる構成を包含するものである。

【0024】本発明は、少なくとも部分的に、メモリ14または外部記憶装置26に格納されたコンピュータソフトウェアプログラムの形態で実施することができる。このようなプログラムは、プロセッサ12によりユーザ供給入力データに従って実行され、所定形式、たとえばディスプレイ20にまたはプリンタ22によりプリントアウト生成形式で所望の出力を生成しうる。ユーザ供給入力データは、キーボード24で入力されるか、外部記憶装置26の1つまたは複数のファイルから読み出されるか、またはサーバまたは他の情報源からネットワーク接続を介して得ることができる。

【0025】上述したように、本発明は、無線ネットワークの設計、調整、または動作と併せて用いる改良型最

適化技術を提供する。本発明の例示的な実施形態において、ネットワーク最適化プロセスは、カバレッジおよび容量に関して無線ネットワークの性能を最適化するように構成される。最適化プロセスは、基地局伝送パワー、垂直方向および方位角でのアンテナの向き等のネットワーク基地局のパラメータを調整して、ネットワークのカバレッジおよび容量を最適化することが可能である。容量およびカバレッジは主として独立した属性であり、かつネットワーク設計は概してこれら属性のトレードオフに関連するため、容量およびカバレッジの異なる組み合わせの基地局パラメータ設定を提供する例示的な実施形態の最適化プロセスを構成することができる。

【0026】図2は、図1の処理システム10を用いて生成しうるトレードオフ曲線の一例を示し、該トレードオフ曲線は、特定のネットワーク設計における無線ネットワーク容量とトラフィック加重カバレッジの間の最適なトレードオフポイントのセットを示している。この種類のトレードオフ曲線についてのさらなる詳細については、上述した「Methods and Apparatus for Characterization, Adjustment and Optimization of Wireless Networks」という名称の米国特許出願09/434,579号に見出すことができる。この最適なトレードオフ曲線上のいずれのポイントで無線ネットワークを設計するかは、ネットワーク設計者による。本発明の例示的な実施形態は、図2に示す種類のトレードオフ曲線を1つまたは複数生成するために、またそうでなければ適切なネットワーク動作ポイントを決定する際にネットワーク設計者を補助するために使用しうる複数段階の汎用最適化プロセスを提供する。

#### 【0027】汎用最適化プロセス

図3は、本発明の例示的な実施形態での汎用最適化プロセスの流れ図である。この実施形態での汎用最適化プロセスは、段階1、段階2、および段階3と示す3つの主要な段階を含む。段階1は、周波数割り当て前最適化段階でありステップセット102を含み、段階2は周波数プランニング段階でありステップセット104を含み、段階3は周波数割り当て後最適化段階でありステップセット106を含む。

【0028】例示的な実施形態での複数段階プロセスの段階1は、概して、周波数プランニング段階に先立ち、所与のレベルのカバレッジおよびブロッキングを維持しながら、同一チャネルおよび隣接チャネルの干渉の最小化することを含む。有利なことに、この周波数割り当て前最適化は概して、従来の技術を用いる場合よりも、所与の周波数再利用係数に関して干渉レベルが低い、または所与の干渉レベルに関して再利用係数が低い、より良好な周波数プランにつながる。段階2は、段階1で決定されたネットワーク設定を優位に利用するように構成される周波数プランニング段階である。段階3は、段階2で決定した周波数プランを使用して、所与のサービス品質に

関してカバレッジを維持しながら、干渉をさらに最小化する。本発明のこの3段階最適化プロセスは、従来の技術を用いて得ることができるものと比して相当に改良された構成をネットワークに提供することができる。より具体的に、段階1の最適化を用いることでより良好な周波数プランを生成すると、概して、段階3の最適化でのネットワーク設計がより良好になる。

【0029】3段階をさらに相互作用させ、ネットワークをさらに最適化することができる。図3の汎用最適化プロセスは、予備ステップセット108も含む。この予備ステップセット108は、図示のステップ110~116を含む。ステップ110において、所与の無線ネットワーク特徴付け、調整、または最適化アプリケーションでのトラフィック密度および基地局(BS)の場所が指定される。説明目的のため、本プロセスの目的は、ネットワーク設計プロセスの一部として無線ネットワークの最適な設計を決定することであるものと仮定するが、当業者には、本技術を既存の無線ネットワークの調整または動作等他のアプリケーションにも適用可能なことが明白であろう。次にステップ112において、考慮中のサービスエリアをメッシュ状にする。すなわち、交点のセットを含むメッシュ表現に低減する。ステップ114において、特定の移動局(MS)および基地局の受信パワーレベルを、経路損失(pathloss)計算に従って決定する。次に、ステップ116に示すように、ステップ112で生成されたメッシュ内の各点の所有権を特定の基地局に割り当てる。

【0030】予備ステップセット108を完了した後、段階1の周波数割り当て前最適化ステップセット102を開始できる。ステップ120において、特定のセクタが同一チャネルまたは隣接チャネルを干渉する確率を決定する。次に、ステップ122において、その構成での同一チャネルおよび隣接チャネルの干渉を決定する。ネットワークを次に、指定された目的関数に基づいて最適化する。段階1の周波数割り当て前最適化では、無線ネットワークの複数のセクタそれぞれに特定の周波数チャネル割り当て確率を仮定し、微分ベースの最適化アルゴリズムを用いてこれら仮定に基づきネットワークを最適化する。周波数割り当て前最適化段階については、以下の別個の項でさらに詳述する。

【0031】段階2の周波数プランニングは、ステップ140でのシステム設定を適用することで開始する。適用される設定は、段階1または段階3の出力を表す最適化されたシステム設定でありうる。本プロセスが段階2で開始し、段階2および段階3の処理動作の1つまたは複数の相互作用を含む本発明の一実施形態では、適用される設定は元のネットワーク設定のセットであることもある。設定を適用した後、周波数プランニングステップ142において周波数割り当てを決定する。ステップ142での周波数割り当ては、上述したAircom International



からのAssetネットワーク設計ツールの一部である周波数プランニングツール等、複数の周知の従来の周波数プランニングアルゴリズムの任意のものを用いて達成することができる。

【0032】段階3の周波数割り当て後最適化は、周波数割り当てステップ146の完了後に開始する。ステップ160において、同一チャネルおよび隣接チャネルの、特定の周波数割り当てに関連する干渉を決定する。次にステップ162において、基地局へのメッシュポイントの割り当てを、干渉対搬送波比に雑音を足したもの ( $C/I+N$ ) の測定に基づいてチェックする。最後に、最適化されたカバレッジおよび容量をステップ164において決定する。有利なことに、本プロセスの周波数割り当て後最適化段階により、ネットワーク設計をさらに改良することができる。これは、周波数割り当て、ひいては干渉源が分かるためである。さらに、この時点で設計者は、ネットワークのブロッキング特徴をより良好に理解しており、これがより良好なトラフィック負荷の平衡化につながる。周波数割り当て後最適化段階については、以下の別個の項でさらに詳述する。

【0033】上述したように、図3の3段階最適化プロセスを反復して実施することも可能である。たとえば、本プロセスをループで実行し、ネットワークに最も最適な構成を決定することができる。このようなループでは、本プロセスの段階1、段階2、および段階3を実行した後に、段階1、段階2、および段階3を1回または複数回さらに実行することができる。別の可能性として、ループにおいて、段階1、段階2、および段階3を実行した後、段階2および段階3のみを1回または複数回実行してもよい。

【0034】最適化する必要がある、他のアプリケーションでの既存のネットワークの場合、段階3の最適化を現在のネットワーク構成に対して実行してもよいことに留意されたい。たとえば、段階3から最適化プロセスを開始してから、段階2および段階3を繰り返すことも可能である。本発明のこのような実施形態は、段階2および段階3のみを含む。結果から、本発明のこのような実施形態が、良好に最適化されたネットワークを生成可能であるということが分かっている。したがって、これらおよび他の場合に、段階1の最適化を行う必要がないこともある。

【0035】汎用最適化プロセスの段階1および段階3での最適化は、上述した米国特許出願：「Methods and Apparatus for Derivative-Based Optimization of Wireless Network Performance」という名称の第09/434,578号、「Methods and Apparatus for Characterization, Adjustment and Optimization of Wireless Networks」という名称の第09/434,579号、「Road-Based Evaluation and Interpolation of Wireless Network Parameters」という名称の第09/43

4,580号に記載の微分ベースの最適化プロセスを利用する。たとえば、これら出願に記載の微分ベースの最適化プロセスにより、たとえば基地局の伝送パワー、アンテナの垂直方向および方位角の向き等の複数の数学的連続したネットワーク調整パラメータに関してネットワーク性能メトリクスの目的関数を最適化することができる。他に知られている最適化技術を、本発明の複数段階の汎用最適化プロセスとともに使用してもよい。

【0036】周波数割り当て前最適化（段階1）

次に、図3の汎用最適化プロセスの周波数割り当て前最適化段階について、より詳細に説明する。例示的な実施形態におけるこの段階の目的は、周波数割り当てに先だって基地局パラメータを最適化し、可能な限り最低の周波数再利用または干渉レベルを得ることである。このプロセスは、周波数割り当てが事前には分からないが、そうであっても、ネットワークを最適化するために、干渉を推測しなければならない事実により、複雑である。したがって、対応する同一チャネルおよび隣接チャネルの干渉を計算するために、特定の周波数パターンまたは再利用を想定する必要がある。例示的な実施形態でのプロセスのこの時点において、基地局の場所および各基地局が必要とする周波数の数は分からない。周波数の数により、各基地局が処理可能な最大トラフィック  $A_i$  が決定される。

【0037】例示目的のためにのみ、考慮中の無線ネットワークがTDMAまたはFDMAネットワークであるものと仮定する。当業者には、記載する技術は他の種類のネットワークにも適用可能なことを認識されよう。

【0038】TDMAまたはFDMAネットワークの順方向リンクまたは逆方向リンクにおいて、カバレッジは通常、所与の閾値よりも大きな受信信号レベルとして定義され、搬送波対干渉比 ( $C/I$ ) もまた所与の閾値よりも大きい。これにより、ネットワークが受信信号を許容できるビットエラーレート (BER) またはフレームエラーレート (FER) で復号化し、したがって送信した情報を再構築できる。条件は以下のように記述することができる。

【数1】

$$C > \beta_C \text{ and } C/I > \alpha_{CI}, \quad (1)$$

ただし、 $C$  は移動局あるいは基地局のアンテナポートでの受信信号レベルであり、 $I$  は受信信号  $C$  に対する干渉であり（以下に定義）、 $\beta_C$  はカバレッジの閾値であり、 $\alpha_{CI}$  は干渉レベルの閾値である。

【0039】 $C$  および  $C/I$  の閾値は、順方向リンクおよび逆方向リンクで異なりうる。所与の場所  $x = (x, y)$  は、 $C$  および  $C/I$  が双方とも閾値よりも大きい場合にはカバーされるとみなされ、 $C$  または  $C/I$  のいずれかが閾値未満である場合にはカバーされないとみなされる。これは、以下のように表すことができる。

【数2】

$$Cov(\underline{x}) = \theta(C(\underline{x}) - \beta_c) \cdot \theta(C/I(\underline{x}) - \alpha_{c/I}) = \begin{cases} 1 & \text{if location } \underline{x} \text{ covered} \\ 0 & \text{if location } \underline{x} \text{ not covered} \end{cases} \quad (2)$$

1 場所  $\underline{x}$  がカバーされる場合

0 場所  $\underline{x}$  がカバーされない場合

$$\theta(\text{arguments} \geq 0) = 1 \text{ and } \theta(\text{arguments} < 0) = 0. \quad (2a)$$

次に、ターゲットとするカバレレッジエリアにわたり積分することで、ネットワーク全体のカバレレッジを決定することができる。

【数4】

$$C_{tot} = \frac{\int_{\underline{x}} Cov(\underline{x}) \cdot d\underline{x}}{\int_{\underline{x}} d\underline{x}}, \quad (3)$$

$$C_{tot} = \frac{\int_{\underline{x}} TD(\underline{x}) \cdot Cov(\underline{x}) \cdot d\underline{x}}{\int_{\underline{x}} TD(\underline{x}) \cdot d\underline{x}}, \quad (4)$$

式中、 $TD(\underline{x})$  は位置  $\underline{x}$  におけるトラヒック密度である。

【0040】式(3)および式(4)の積分は、連続体ではなく場所の離散集合が評価される場合には、和で置換することができる。この場所の離散集合は、図3のステップ112において参照したメッシュである。場所の数は統計学的な代表的なカバレレッジ評価のために十分大きくかつ密集しているべきである。あるいは、「Road-Based Evaluation and Interpolation of Wireless Network Parameters」という名称の、上述した米国特許出願第09/434,580号に記載のロードベースのメッシュを用いて評価を行ってもよい。

【0041】図3のステップ114において参照する個々の受信器の入力パワーレベルは、たとえば、従来のネットワーク設計ツールから、フィールド内測定から、ネットワーク性能統計から、またはこれらおよび他の技術の組み合わせから得ることができる。変数の定義は次のようなものである。

$F_i(\underline{x})$  : BS  $b_i$  からの位置  $\underline{x}$  でのMSのアンテナポートで受信する順方向リンクパワー

$F_x(b_i)$  : 位置  $\underline{x}$  でのMSからのBS  $b_i$  アンテナポートで受信する逆方向リンクパワー

【0042】一般に、位置  $\underline{x}$  が、基地局から接続の維持に十分な信号を干渉のない状態で受信するか否かを決定

$$\text{ネットワーク容量} = \tau * \text{ネットワークカバレレッジ} \quad (7)$$

式中、 $\tau$  は、結果として予め特定した全体的なブロッキングレート（通常約2%）になる、セクタ当たりのトラヒック密度を均一に増大する最大乗算係数である。全体的なブロッキングレートの定義は、以下に与えられる。

【0044】所与のセクタ  $b_i$  におけるトラヒックは、

式中、シータ関数  $\theta$  は次のように定義される。

【数3】

式中、 $X$  は設計エリア全体である。あるいは、トラヒック加重カバレレッジの全体は、以下のように定義することができる。

10 【数5】

する必要がある。十分な信号を受信している場合には、その移動体が割り当てられた基地局を決定する必要もある。接続維持の基準は、少なくとも1つの基地局受信信号が所定の閾値よりも大きいことである。

【数6】

$$F_i(\underline{x}) > \beta_c, \quad (5)$$

式中、 $\beta_c$  は通常、受信器の最低感度に透過マージンを足したものとして定義される。閾値よりも大きな最大  $F_i(\underline{x})$  は、その移動体位置が確率1で割り当てられる基地局である。閾値基準を満たす基地局がない場合、割り当て確率は0である。要約すると、所与の位置  $\underline{x}$  における割り当て確率は、以下のようになる。

【数7】

$$p_b(b_i, \underline{x}) = \theta(\text{Max}[F_i(\underline{x})] - \beta_c). \quad (6)$$

移動体割り当ては干渉のない状態で行われるため、移動体割り当ては、干渉が導入される場合には良好なリンクを構成しない。

【0043】ネットワーク容量は、「Methods and Apparatus for Derivative-Based Optimization of Wireless Network Performance」という名称の米国特許出願第09/434,578号に記載されている方法で定義することができる。この場合、ネットワーク容量は、以下の式で与えられる。

次のようなものである。

【数8】

$$A_i = \sum_{\underline{x} \in X} TD(\underline{x}) \cdot p_b(b_i, \underline{x}). \quad (8)$$

セルに提供されるトラヒック負荷は、次のようなもので

ある。

【数9】

$$L_i = r \cdot A_i \quad (\text{単位: アーラン}) \quad (9)$$

したがって、 $r$ を変更することで、すべてのセルのトラヒック負荷を均一に変更することができる。

【0045】セクタ当たりの無線の数、ひいてはセクタ当たりのトラヒックチャンネル( $TC_1$ )の数は、例示的な実施形態では最適化に先だって画定される。周波数割り当て前最適化の場合、セクタが2つ以上の無線を有し、したがって2つ以上の周波数を有する場合、そのセクタ内の所与の位置 $x$ におけるあらゆる周波数の $C/I$ は同じである。これは、セクタがすべて、同じ確率の同一チャンネル干渉を有するものと想定するからである。この情報を用いて、周知のアーランBモデルを用いてセクタ $b_i$ のブロッキングレートを計算することができる。セクタ当たりのブロッキング確率は、次のようなものである。

【数10】

$$Pr_i = \frac{\left( \frac{L_i^{TC_i}}{TC_i!} \right)}{\sum_{k=0}^{TC_i} \frac{L_i^k}{k!}} \quad (10)$$

ネットワーク全体のブロックレート全体の総計は、ブロックされたトラヒックの総量とトラヒックの総計の比によって与えられる。

【数11】

$$Pr = \frac{\sum_{i=1}^N L_i \cdot Pr_i}{\sum_{i=1}^N L_i} \quad (11)$$

式中、 $N$ はセクタの総数である。一般に、殆どの無線ネットワークアプリケーションについて全体のブロッキングレートを約2%に保つことが望ましい。

【0046】周波数割り当て前最適化前に、セクタ当たりの無線チャンネルの数がわからない場合には、各セクタが同数の無線チャンネルを有する、たとえば各セクタが、GSM(Global System for Mobile Communications)システムの場合に2つの無線チャンネルを有するものと仮定することで、式(8)～式(11)と同じ式を依然として用いることができる。これにより、ネットワークの無線チャンネル情報がない状態で、周波数割り当て前最適化を行うことができる。セクタ当たりの無線チャンネル数、ひいてはセクタ当たりのトラヒックを知ることで、

以下に定義する $C/I$ のトラヒック加重により、わずかにによりよい精度で周波数割り当て前最適化が可能になる。

【0047】 $C/I$ 比を決定するためには、同一チャンネル干渉および隣接チャンネル干渉からの干渉を決定する必要がある。周波数プランは事前にわからないため、所与のセクタに同一チャンネル干渉および隣接チャンネル干渉を引き起こすセクタについて仮定をたてる必要がある。一実施形態において、同一チャンネルセクタである確率は問題となっている「必要な」セクタからの距離に関連するものと仮定することができる。必要なセクタから離れる程、そのセクタが同一周波数を再利用する可能性が高くなる。この種類の確率は、線形分布、二次分布、指数分布、または問題となっているセクタに近いところから同一チャンネル干渉を引き起こす低い確率で始まり、それからそのセクタから離れるにつれて最大確率に増大する他のある種類の分布であることができる。

【0048】別の実施形態において、問題となっているセクタに対する地理的場所および向きに基づき、特定のセクタを同一チャンネルセクタとなることから除外してから、残りのセクタについて確率分布関数を定義してもよい。この方法を使用した1つの潜在的な構成を図4に示す。中央セクタ170は、いわゆる「必要な」セクタを表し、ここでは、干渉を計算すべき移動局があり、周囲の影付きセクタが除外されたセクタ、すなわち同一チャンネルセクタである確率が0のセクタである。図4に示す残りのセクタはそれぞれ、同一チャンネル干渉を引き起こす確率が等しいか、または必要なセクタからの距離に伴って増大する重み付きの同一チャンネル干渉を引き起こす確率を有する。この例において、除外されたセクタは、同じ場所にあるセクタ、すなわち移動局があるセクタと同じセルにあるセクタと、第1の隣接セクタ、すなわち移動局があるセクタに直に隣接するセクタを含む。第1の隣接セクタは、主ローブ内、たとえば問題となっているセクタの3dB帯域幅内でありうるか、または該セクタが必要なセクタと共通の境界を共有する。この種類の除外セットは、本明細書に参照として包含される、GSM05.05仕様(Global System for Mobile Communications「デジタルセルラ通信システム(フェーズ2)；無線送受信」、欧州通信標準(ETS)300577、第8版、1996年8月)に準拠する。

【0049】セクタが同一チャンネル干渉を引き起こす確率を定義すると、干渉したがって必要なセクタの $C/I$ 比を計算することができる。これは、基地局セクタ $b_i$ での位置 $x$ における逆方向リンクの $C/I$ をもたらし。

【数12】

10

20

30

40

$$C/I(b_i, \underline{x}) = \frac{F_{\underline{x}}(b_i)}{\sum_{j \neq i} P_{co}(b_j) \cdot \left( \frac{\sum_{\underline{y} \in X} TD(\underline{y}) \cdot p_B(b_j, \underline{y}) \cdot F_{\underline{y}}(b_j)}{\sum_{\underline{y} \in X} TD(\underline{y}) \cdot p_B(b_j, \underline{y})} \right)} \quad (12)$$

分母は、その他のセクタでの移動体からのトラヒック加重平均干渉である。 $P_{co}(b_j)$  は、その他のセクタが同一チャネルサイトである確率である。同様に、所与

の位置  $\underline{x}$  での順方向リンクの  $C/I$  は、以下により与えられる。

【数 13】

$$C/I(b_i, \underline{x}) = \frac{F_{b_i}(\underline{x})}{\sum_{j \neq i} P_{co}(b_j) \cdot F_{b_j}(\underline{x})} \quad (13)$$

【0050】  $C/I$  の値の測定に、数 12 および数 13 の確率関数  $P_{co}(b_j)$  を用いることもできる。たとえば、あらゆるセクタの同一チャネルサイトである確率が同じである場合、あらゆるセクタに 1 の代わりに  $1/12$  の確率を設定することができる。これは、 $C/I$  を 12 の周波数パターンの再利用に等しく測定する。

【0051】 カバレッジおよび  $C/I$  の上記定義が与えられると、図 3 のステップ 124 に示すように、微分ベースのネットワーク最適化を適用することができる。これは、多数の異なる方法で行うことが可能である。たとえば、ネットワークのトラヒック密度を定義してから、所与の固定のシステムブロッキングレベルでの最良のカバレッジを最適化（すなわち、式（4）を最大化）することができる。次に、トラヒックレベルを変化させて、図 2 に関して上述したように、異なるカバレッジレベル

対異なるネットワーク容量のトレードオフ曲線を生成できる。

【0052】 別の例として、 $C$  が閾値よりも大きいポイントの数と  $C$  および  $C/I$  の双方が閾値よりも大きいポイントの数との最大化の間のトレードオフを調べてもよい。この場合、結果得られるトレードオフ曲線は、 $C/I$  および  $C$  の双方が閾値よりも大きいカバーエリアの割合の関数としての、 $C$  が閾値よりも大きなエリアの割合である。カバレッジエリア全体について  $C/I$  が閾値よりも大きなカバーポイントの割合は、 $C/I$  カバレッジのトラヒック加重平均であるはずである。したがって、 $C/I$  が所与の閾値（トラヒック密度で加重された）よりも大きなカバーエリアの割合は、以下により与えられる。

【数 14】

$$C/I_{cov} = \frac{\sum_i \sum_{\underline{x} \in X} p_B(b_i, \underline{x}) \cdot TD(\underline{x}) \cdot \Theta(C/I(b_i, \underline{x}) - threshold)}{\sum_i A_i} \quad (14)$$

最大化する関数は、次のようなものである。

【数 15】

$$\alpha \cdot C/I_{cov} + (1-\alpha) \cdot Cov, \quad (15)$$

式中、 $\alpha$  は、カバレッジ対カバーポイントの  $C/I$  を重み付けるために使用される。 $\alpha$  を変化させると、図 5 に示す種類のトレードオフ曲線になる。

【0053】 周波数割り当て後最適化（段階 3）

図 3 の汎用最適化プロセスに関して上述したように、ステップ 146 の周波数割り当てが完了すると、干渉を生じさせるものがわかり、周波数割り当て後最適化段階においてネットワークをさらに最適化することができる。この段階では、ブロッキングをより正確に測定し、それに従って最適化することが可能である。例示的な実施形態でのこの段階の目的は、カバレッジを最大化するように試みながら、ターゲットとするブロッキングレートで基地局のトラヒック容量がトラヒック密度関数に一致するようにネットワークセルをサイジングすることである。

【0054】 図 6 は、上述した周波数割り当て後最適化

を示す。最適化されていないネットワークである、上記図の右側のプロットから見て取れるように、エリア当たりのトラヒック負荷曲線  $TD$  は、 $\alpha\%$  ブロッキングレートでのトラヒック負荷曲線  $\epsilon TD$  と密接には一致せず、その結果、相当量の呼がブロックされるとともに、セル当たりの容量を越えることになる。図の左側のプロットは、対応する最適化されたネットワークを示し、ここでは、曲線が密接に一致するとともに、ブロックされる呼の量および容量超過がかなり低減されている。

【0055】 周波数プランは、本プロセスのこの段階において完了するため、図 3 のステップ 164 において最適化される目的関数は、1 つまたは複数のさらなる変数を利用することが可能である。この周波数割り当て後最適化に可能な目的関数の例としては、以下のようなものがある。すなわち、（1）所与のセクタ当たりの無線数および周波数スパンについての容量対カバレッジトレードオフ、（2）所与の容量、カバレッジ、および無線の数での周波数の最小数または最低の再利用、および

20

40

50

(3) 所与の容量、カバレッジ、および周波数スパンでの無線の最小数、である。他の目的関数も使用可能である。

【0056】図7は、異なる周波数プランに基づく一連のトレードオフ曲線の一例を示す。これらの曲線は、上記目的関数1を用いて生成される。この例では、3つの周波数プラン、すなわち周波数プランA、周波数プランB、および周波数プランCそれぞれについて、異なるトレードオフ曲線のセットが生成される。全体的に最良または最適な結果は、図中濃い実線で示すように、異なる曲線すべての最良の結果を組み合わせたものである。この例では、可能な限り多くの周波数が所与のスパンで許

$$C/I_{b_i}(x, f_k) = \frac{F_i(x)}{\sum_{j \in N_{f_k}} F_j(x) + \sum_{j \in N_{f_k \pm 200kHz}} \frac{F_j(x)}{63.1}} \quad (16)$$

セクタ  $b_i$  は周波数  $f_k$  を含み、 $N_{f_k}$  は周波数  $f_k$  を有する他のすべてのセクタを含む（すなわち、同一チャネルBS）集合であり、一方  $N_{f_k \pm 200kHz}$  は、 $f_k$  に隣接するチャネルを有する他のすべてのセクタを含む（すなわち  $f_k \pm 200kHz$ ）集合である。上記GSM仕様は、ネットワークは、品質において同じデグラデーションの同一チャネルよりも18dB強い隣接チャネルを取り扱うことが可能であると示しているため、

$$C/I_{b_i}(b_i, f_k) = \frac{F_i(b_i)}{\sum_{j \in N_{f_k}} \left( \frac{\sum_{y \in X} TD(y) \cdot p_B(b_j, y) \cdot F_y(b_i)}{N_j \cdot \sum_{y \in X} TD(y) \cdot p_B(b_j, y)} \right) + \sum_{j \in N_{f_k \pm 200kHz}} \left( \frac{\sum_{y \in X} TD(y) \cdot p_B(b_j, y) \cdot F_y(b_i) / 63.1}{N_j \cdot \sum_{y \in X} TD(y) \cdot p_B(b_j, y)} \right)} \quad (17)$$

【0060】TDMAまたはFDMAネットワークの場合のカバレッジおよびブロッキング計算は、2つ以上の周波数チャネルを有するセクタ内の所与の位置  $x$  について、その位置が、各周波数について必ずしも同じ  $C/I$  を有するわけではないということから、複雑である。これは、すべての周波数は位置  $x$  において同じパワー（すなわち同じ  $C$ ）で受信されるが、異なる量の干渉を受けることを意味する。したがって、同じ位置  $x$  でも、周波数により  $C/I$  閾値よりも大きなものもあれば、該閾値に満たないものもある。

【0061】図8は、 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$  で示す3つの周波数チャネルを有する単一のセクタの場合でのこの状態を示す。単一セクタは、図示のように5つの領域を含む。所与の1つの領域に示される周波数は、セクタの3つの周波数のうちのいずれが、所与の領域内で閾値よりも大きな  $C/I$  値を有するかを示す。この例では、各領域が閾値よりも大きな異なる周波数セットを受信する。この例における3つの周波数は、必ずしもグループ化する必要はなく、他のセクタではグループとして再利用される。これは、他のセクタへの周波数の割り当て方法に

容される。その結果、容量数がこの情報を提供するため、最良の再利用に基づいて各曲線の適格性を試験する必要がない。

【0057】周波数割り当て後最適化のカバレッジは、周波数割り当て前最適化についての上記式(1)～

(4)により定義される。しかし、周波数割り当て後最適化での  $C/I$  比の定義は、周波数割り当て前最適化において使用されるものとは異なる。

【0058】順方向リンクの場合、周波数  $f_k$ （セクタ  $b_i$  の周波数リストの一部）について位置  $x$  でのセクタ  $b_i$  の  $C/I$  比は、以下により与えられる。

【数16】

式(16)において、隣接チャネルを18dB(63.1)低減して、それを別の同一チャネル干渉を引き起こすものとする。

【0059】逆方向リンクの場合、 $C/I$  比は、その他のすべての基地局アンテナへの同一チャネルおよび隣接チャネル移動体の加重平均をとることで決定される。

【数17】

応じて、異なる量の干渉を引き起こしうる。この例は、例示のみを目的とするものであり、異なる領域は図示のように地理的に連続している必要はないことを理解されたい。図8に例示する状態により、セル全体を通してすべてのチャネルが利用可能であると仮定する上記標準的なアーランBブロッキング計算の利用が複雑になる。

【0062】また、異なる  $C/I(x, f)$ （ただし、 $f$  は  $x$  があるセクタの周波数である）の集合から  $C/I(x)$  をより正確に定義することも望ましい。以下は、この目的の達成に使用しうる2つの異なるアプローチの例である。

【0063】第1のアプローチは、異なる  $C/I$  値の平均値を用いる。

$C/I(x)$  = セクタの異なる周波数についての異なる  $C/I$  値すべての平均

次に、この  $C/I(x)$  の定義を式(2)に代入し、ポイント  $x$  でのカバレッジを得る。このアプローチの利点は、上記アーランBの式を使用できるという点において、ブロッキングの計算が容易なことである。実際に、このアプローチは、平均値が閾値よりも大きい場合に

は、そのポイントにおいて利用可能なチャネルがすべて良好であるものと仮定している。これは、計算を簡略化する近似であり、シミュレーションでは有効であるように思われることに留意されたい。本明細書では、このアプローチを平均法とも呼ぶ。

【0064】第2のアプローチは、以下、すなわち負荷が軽い条件下で呼を配置するとともに保持することが可能な場合には、そのポイントをカバーするというものである。この基準下で、 $C/I$  値のいずれか1つが閾値よりも大きな場合（勿論、 $C$  もまた閾値よりも大きい必要がある）、ポイントはカバーされることは明白である。このアプローチにおいて、 $C/I(x)$  は次のように定義される。

$C/I(x)$  = セクタの異なる周波数について異なる  $C/I$  値すべての最大

【0065】本明細書では、このアプローチを最大周波数法とも呼ぶ。このアプローチの欠点は、ブロッキングがアーランBの式により与えられると言うにはもはや良好な近似ではないことである。これは、カバーされたすべてのポイントがすべてのチャネルへのアクセスを有するわけではないためである。このアプローチでのブロッキングの計算は、待ち行列理論における正確な数学的問題としてモデリングすることができる。しかし、この問題には良好な解析的な解決策がなく、計算的に大変なことが知られている。さらに、連続最適化法を用いるにはアンテナパラメータに関するブロッキングの微分が概して必要であり、このため問題がさらに大変になる。

【0066】上記問題を鑑みて、最大周波数法を用いてブロッキングの計算を容易にするために、様々な近似を用いることができる。第1の近似として、すべてのチャネルがすべてのカバーポイントで利用可能であるものと単に仮定し、これによりアーランB式を使用できる。第2の近似は、より高度な技術を用いて、ブロッキングにより厳しい下限を計算する。この目的のため、いくつかの下限を作成し、絶対下限、および解析計算可能性に関して基地局において適合可能な特定のアルゴリズムの双方に基づき、シミュレーションを通して比較する。これらの結果に基づいて、線形プログラミング形成からの下限、すなわち線形プログラムベースの境界の利用が好ましいことがわかる。この計算は概して高価であるため、ヒューリスティックを用いて線形プログラムベースの境界を近似することができる。得られる値は、セクタの実際のブロッキングの下限であるが、通常は単純なアーランB式を用いるよりもはるかに良好な近似である。

【0067】上述したネットワーク最適化プロセスは、まだ構築あるいは構成されていないネットワークの実際の設計を生成したり、既存のネットワークで調整を行ったり、動作しているネットワークについて動作パラメータを決定したり、または他の目的のために用いることができる。このようにして、本発明の最適化プロセスの出

力に基づいて、1つまたは複数のネットワークパラメータが決定されるか、調整される。

【0068】図2、図5、図6、および図7の図的表現は、たとえば、システム10のプロセッサ12により実行されるソフトウェアプログラム命令に従って生成することができる。本発明に従い適宜構成されたソフトウェアプログラムは、たとえば、1つまたは複数のソースからネットワークパラメータデータを得て、該ネットワークパラメータデータを本発明の最適化プロセスに従って処理し、結果得られるネットワーク構成情報を所望のフォーマットで描画する表示を生成することが可能である。

【0069】本発明の上記実施形態は例示のみを意図する。たとえば、上述したように、上記技術は、無線ネットワークの設計、またはすでに稼働している既存のネットワークの最適化そうでなければ改良に使用することができる。さらに、本発明をサブネットワーク、たとえば所与の無線ネットワークの指定部分、および多くの異なる種類のネットワーク、たとえば移動体加入者ユニットまたは固定加入者ユニットあるは移動体ユニットおよび固定ユニットの組み合わせを含むネットワークに適用可能である。加えて、本発明の例示的な実施形態は3段階最適化プロセスを利用したが、他の実施形態はより多数の、またはより少数の段階を利用する。たとえば、任意の種類の従来の周波数割り当てとは独立して、また周波数割り当て後最適化段階なしで、本明細書に記載した周波数割り当て前最適化プロセスを利用してもよい。別の例として、周波数割り当て前最適化段階なしで、特定数繰り返して周波数割り当ておよび周波数割り当て後最適化段階を利用してもよい。添付の特許請求の範囲内のこれらおよび他の多数の代替実施形態は、当業者により容易に認められよう。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による無線ネットワーク最適化プロセスを実施する処理システムのブロック図である。

【図2】ネットワーク容量対トラフィック加重カバレッジを示すとともに、本発明の最適化プロセスに従って生成されるトレードオフ曲線の一例を示す。

【図3】本発明の例示的な一実施形態による汎用最適化プロセスの流れ図である。

【図4】図3の汎用最適化プロセスの周波数割り当て前最適化段階で決定される必要なセクタと除外されたセクタの数を示す無線ネットワークの一例の一部を示す。

【図5】閾値よりも大きな搬送波対干渉比 ( $C/I$ ) 対ネットワークカバレッジを示す、本発明の最適化プロセスに従って生成されたトレードオフ曲線の一例である。

【図6】最適化されたネットワークおよび最適化されていないネットワークのカバレッジエリアの関数としての容量のプロットを示す。

【図7】本発明の最適化プロセスに従い生成された、い

くつかの異なる周波数プランについての容量対カパレッジのトレードオフ曲線を示す。

【図 8】 1つのセクタが、指定された上限条件を満たす異なる周波数セットを有する領域を含む状態の一例を示す。

【符号の説明】

1 2 プロセッサ

1 4 メモリ

1 8 I/Oコントローラ

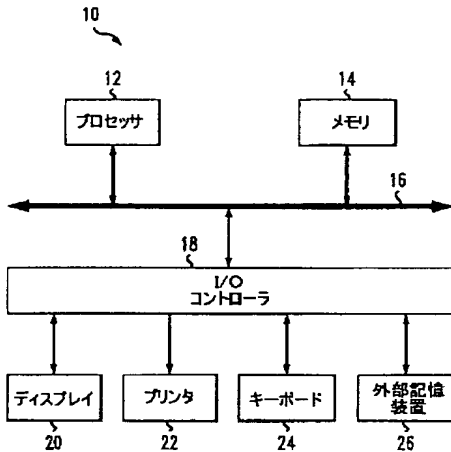
2 0 ディスプレイ

2 2 プリンタ

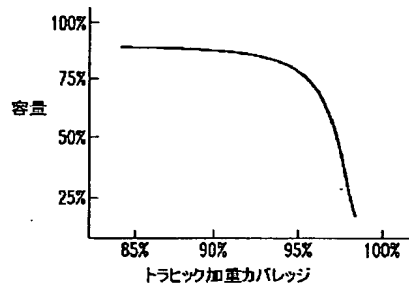
2 4 キーボード

2 6 外部記憶装置

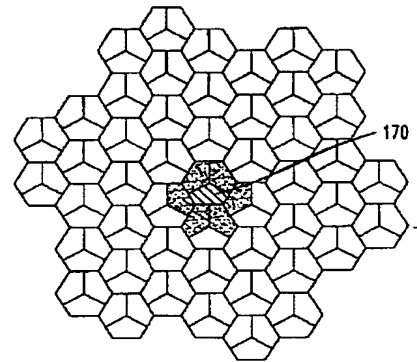
【図 1】



【図 2】

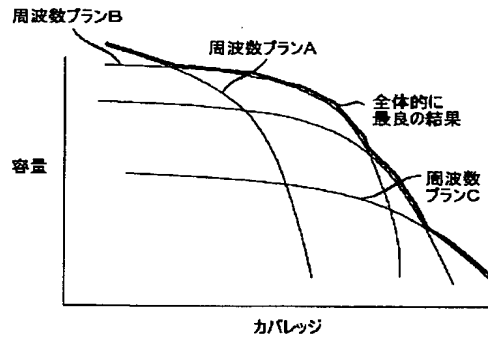
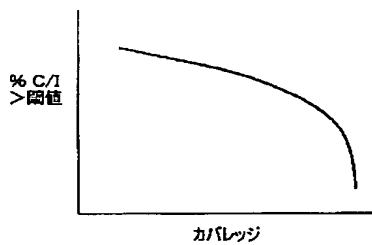


【図 4】



【図 7】

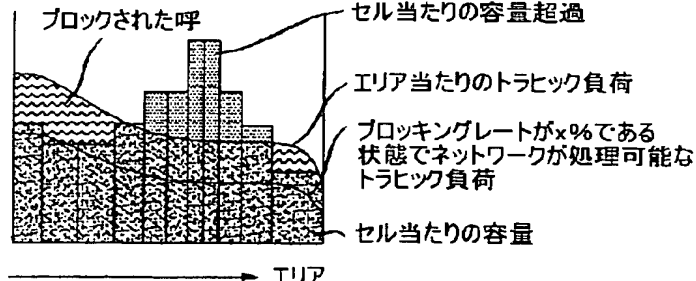
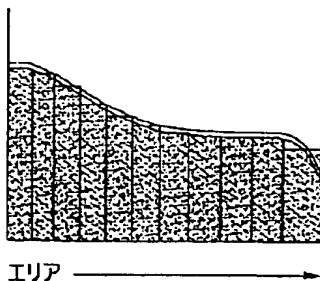
【図 5】



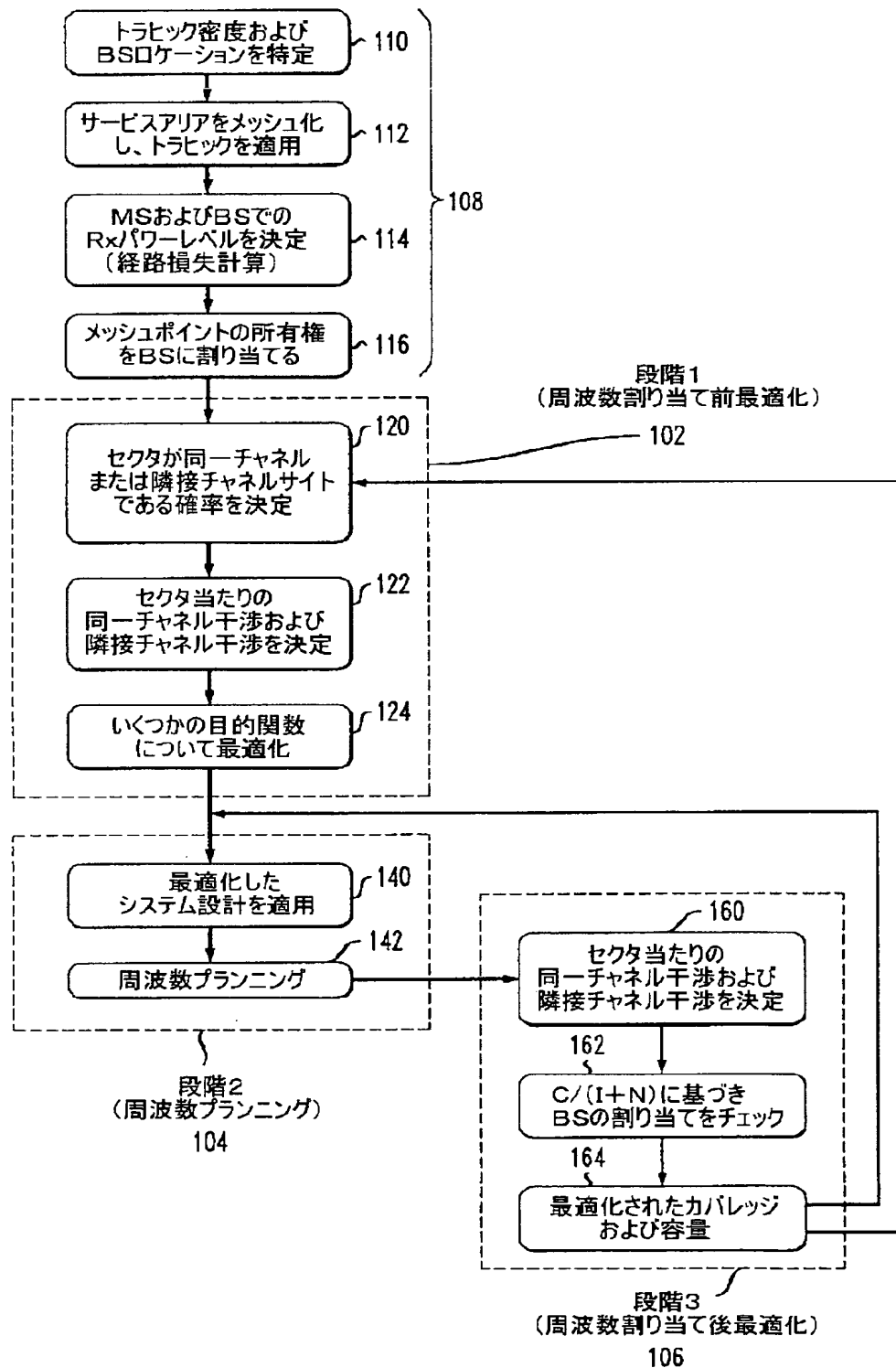
【図 6】

最適化されたネットワーク

最適化されていないネットワーク

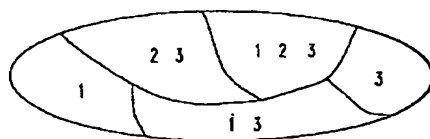


【図3】





【図 8】




---

フロントページの続き

(72)発明者 ローレンス エム. ドラベック  
 アメリカ合衆国 07757 ニュージャージー  
 イ, オーシャンポート, リヴェア ドライ  
 ヴ 30

(72)発明者 イーハオ リサ ザング  
 アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー  
 イ, ニュー プロヴィデンス, グラント  
 アヴェニュー 106

F ターム(参考) 5K067 AA03 AA11 AA21 BB02 BB21  
 CC02 CC04 CC10 EE02 EE10  
 EE23 EE43 EE53 EE61

THIS PAGE BLANK (USPTO)